

EDN: <https://elibrary.ru/wnimmm>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-316-325>

УДК [613.6:159.9]+[331.45:656.2

© Коллектив авторов, 2025

Костенко Н.А.¹, Зибарев Е.В.², Борисова Е.В.³, Межкенов С.А.⁴**Роль человеческого фактора в происшествиях на железнодорожном транспорте**¹ОАО «РЖД», ул. Новая Басманная, 2/1, стр. 1, Москва, 107174;²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275;³ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», наб. Аф. Никитина, 22, Тверь, 170026;⁴ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт труда» Минтруда России, ул. 4-я Парковая, 29, Москва, 105043

Введение. Аварийные ситуации на железнодорожном транспорте невозможно полностью исключить только в результате организационных или технических мер. Доля ошибочных действий человека, как главной причины транспортных происшествий, в мире имеет растущий тренд. При этом роли снижения функционального состояния работника в увеличении риска аварий уделяется недостаточно внимания в системе управления безопасностью движения поездов.

Цель исследования — установить роль «человеческого фактора» в возникновении транспортных происшествий на основе анализа результатов предрейсовых медицинских осмотров (ПРМО) и психофизиологического обследования (ПФО) работников локомотивных бригад (РЛБ), и оценить эффективность существующей системы мероприятий по обеспечению безопасности движения поездов.

Методы и материалы. Проведён анализ причин и обстоятельств 22 аварий и 343 510 нарушений в работе РЛБ на ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») в период 2022–2024 гг. по официальным данным и результатам анализа автоматизированной системы «Доверенная среда» (АС ДС). Оценено функциональное состояние РЛБ: ПФО на УПДК-МК, ОА «Нейроком»; ПРМО на автоматизированной системе предрейсового медицинского осмотра (комплекс КАПД-02-СТ, АСПО); динамический контроль функционального состояния (ДФФС) с определением групп «норма», «дезадаптация», «срыв адаптации» на основании анализа 542 578 записей человеко-дней (339 890 — основная группа и 202 688 — контрольная группа). По результату анализа нарушений и уровня функционального состояния формировали интегральную группу риска и профилактическую группу (ГР/ПГ) из автоматизированной системы учёта и анализа нарушений безопасности движения (АСУТ НБД-2), ПРМО, ДФС и ПФО.

Результаты. Анализ происшествий показывает, что частыми грубыми нарушениями являются случаи «проезда» на запрещённый сигнал светофора. Риск «проезда» выше у машинистов в 1,6–3 раза, чем у помощников машинистов и стажёров и чаще выявляется в возрастной группе 30–69 лет по сравнению с группами 20–29 лет и более 70 лет, $p < 0,001$. В состоянии «срыв адаптации» риск возникновения нарушений выше, чем в состоянии «норма» $OR = 1,10 [1,07–1,12]$, $p < 0,001$. Установлено, что 87% нарушений допускают 39% РЛБ, которые 2 и более раз в течение 3-х месяцев до нарушения включались в ГР/ПГ; 68% нарушений допускает 11% РЛБ, которые 3 раза и более включались в ГР/ПГ; 49% нарушений допускает 1,7% машинистов, которые 4 раза и более включались в ГР/ПГ. У лиц с нарушениями выявлено 49,50 [7,74–99,23] часа переработки за год, у лиц без нарушений — 32,50 [0,00–67,58] часа, $p < 0,001$.

Ограничения исследования. Проведённое исследование ограничено в части учёта специфики выявляемых нарушений, тяжести их последствий.

Заключение. В подавляющем большинстве случаев проезды, сходы, пожары и другие грубые нарушения допускают машинисты безответственные, недисциплинированные и/или имеющие снижение функционального состояния по предрейсовым медицинским осмотрам. Выявлена прямая связь между прогнозом о включении машиниста в группу риска или профилактическую группу и результатами по показаниям исследования АСПО.

Ключевые слова: транспортные происшествия; работники локомотивных бригад; проезды; человеческий фактор; группа риска; функциональное состояние

Этика. Данное исследование не требовало заключения этического комитета, все данные были представлены в депersonализованном виде.

Для цитирования: Костенко Н.А., Зибарев Е.В., Борисова Е.В., Межкенов С.А. Роль человеческого фактора в происшествиях на железнодорожном транспорте. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(5): 316–325. <https://elibrary.ru/wnimmm> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-316-325>

Для корреспонденции: Зибарев Евгений Владимирович, e-mail: zibarev@irioh.ru

Участие авторов:

Костенко Н.А. — фундаментальные элементы статьи, такие как концепция, дизайн, методология;

Зибарев Е.В. — дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста;

Борисова Е.В. — сбор и обработка данных, написание текста;

Межкенов С.А. — сбор и обработка данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 08.04.2025 / Дата принятия к печати: 30.05.2025 / Дата публикации: 05.07.2025

Natalia A. Kostenko¹, Evgeny V. Zibarev², Elena V. Borisova³, Serik A. Mazhkenov⁴**The role of the human factor in railway accidents**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave, Moscow, 105275;²JSC "Russian Railways", 2/1, bldg 1, Basmannaya St, Moscow, 107174;³Tver State Technical University, 22, Af. Nikitina Emb, Tver, 170026;⁴All-Russian Research Institute of Labor, 29, 4-ya Parkovaya St, Moscow, 105043

Introduction. Emergencies in railway transport cannot be completely eliminated only as a result of organizational or technical measures. The share of human error as the main cause of traffic accidents in the world has a growing trend. At the same time,

insufficient attention is paid to the role of reducing the functional state of an employee in increasing the risk of accidents in the train safety management system.

The study aims to establish the role of the "human factor" in the occurrence of transport accidents based on the analysis of the results of pre-trip medical examinations (PTME) and psychophysiological examinations (PFE) of locomotive crew workers (LCW), and to evaluate the effectiveness of the existing system of measures to ensure train safety (ETS).

Methods and materials. The authors analyzed the causes and circumstances of 22 accidents and 343,510 disruptions in the work of locomotive crews at Russian Railways in the period 2022-2024 in accordance with official data and analysis results of the automated system "Trusted Environment" (AS TE). Specialists assessed the functional state of LCW: PFE in UPDC-MK, OA Neurocom; PTME in KAPD-02-ST; dynamic control of the functional state (DCFS) with the definition of the groups "norm", "maladaptation", "failure of adaptation" based on the analysis of 542578 records of person-days (339,890 — the main group and 202,688 — the control group). Based on the results of the analysis of disorders and the level of functional status, an integrated risk group and a preventive group (RG/PG) were formed from the NBD-2 Automated control system, PTME, DCFS and PFE.

Results. An analysis of the incidents shows that frequent gross violations are cases of stop signal overrun (SSO). The risk of SSO is 1.6-3 times higher among machinists than among assistant machinists and trainees and is more often detected in the age group of 30-69 years compared with groups of 20-29 years and over 70 years, $p < 0.001$. In the state of "failure of adaptation", the risk of violations is higher than in the state of "norm" $OR = 1.10 [1.07-1.12]$, $p < 0.001$. It was found that 87% of violations are committed by 39% of LCW that were included in GR/PG 2 or more times within 3 months before the violation; 68% of violations are committed by 11% of LCW who were included in GR/PG 3 or more times; 49% of violations are committed by 1.7% of machinists who 4 times and more were included in GR/PG. 49.50 [7.74-99.23] hours of processing per year were detected in persons with violations, 32.50 [0.00-67.58] hours in persons without violations, $p < 0.001$.

Limitations. The research conducted is limited in terms of taking into account the specifics of the detected violations and the severity of their consequences.

Conclusion. In the vast majority of cases, traffic jams, gatherings, fires and other gross violations are committed by drivers who are irresponsible, undisciplined and/or have a decrease in their functional state. A direct relationship was revealed between the forecast of the driver's inclusion in the PG/RG and the results of the automated pre-trip medical examination system.

Keywords: traffic accidents; workers of locomotive crews; passing; human factor; risk group; functional condition

Ethics. This study did not require the conclusion of the Ethics Committee, all data were presented in a personalized form.

For citation: Kostenko N.A., Zibarev E.V., Borisova E.V., Mazhkenov S.A. The role of the human factor in accidents in railway transport. *Med. truda i prom. ekol.* 2025; 65(5): 316-325. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-316-325> <https://elibrary.ru/wnimmm> (in Russian)

For correspondence: Evgeny V. Zibarev, e-mail: zibarev@irioh.ru

Contributions:

Kostenko N.A. — fundamental elements of the article, such as concept, design, methodology;

Zibarev E.V. — research design, data collection and processing, text writing;

Borisova E.V. — data collection and processing, writing text;

Mezhkenov S.A. — data collection and processing.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: 08.04.2025 / Accepted: 30.05.2025 / Published: 05.07.2025

Введение. В настоящее время объём грузовых перевозок железнодорожным транспортом в РФ остаётся на стабильно высоком уровне (45–48% от всех грузоперевозок). Ежегодно на нём передвигаются свыше 280 млн пассажиров [1], при этом поезда остаются одним из самых безопасных видов транспорта [2].

Вместе с эти, в последние десятилетия в мире возрастает количество аварий на железнодорожном транспорте из-за ошибок человека [3]. Для высокоскоростных магистралей в период с 2007 по 2017 гг. отмечено увеличение аварий из-за человеческого фактора более чем в 1,5 раза при одновременном снижении в 1,5 раза аварий и происшествий вследствие технических отказов. Статистика аварийности для обычных пассажирских поездов также показывает увеличение числа аварий, обусловленных ошибочными действиями людей (с 2009 по 2019 гг. более чем в 2 раза).

Согласно международной статистике, в 2023 г. зафиксировано 1900 серьёзных нарушений на железных дорогах (приведших как минимум к одному смертельному исходу или тяжёлым травмам, повреждением объектов инфраструктуры, подвижного состава, остановке движения более 6 часов), при этом в 1476 случаях (77,68%) причиной происшествия был человеческий фактор [4, 5]. Подавляющая доля серьёзных происшествий в мире в 2023 г. была связана со случаями наезда поезда на людей — 61,4% и столкновением поезда с препятствием — 24,9% [4]. При

этом происшествия на железной дороге по вине персонала железной дороги составляют всего 10,2% (по вине машинистов только 3%) [6].

Одним из грубых нарушений машинистов является проезд на запрещающий сигнал, в 2023 г. их количество составило 1492 случая. Как отмечено в работе [7] причины проездов могут быть самые разнообразные, обусловленные как состоянием машиниста (утомление, засыпание, недостаточной внимательности, отвлечения машиниста, запоздалого восприятия сигнала), осознанным нарушением технических регламентов, так и техническим состоянием локомотива. Многолетние наблюдения показали, что около 30% ошибок допущены из-за невнимательности, а около 14% обусловлены засыпанием машиниста [8]. В 2023 г. основными причинами проездов, согласно международной статистике, явились ошибочные действия машиниста (25%), осознанное нарушение (14%), а также плохие условия сцепления (17%), в 43% случаев причины остались невыясненными [4].

Такие нарушения являются следствием особых условий труда машинистов, отличающихся комплексным воздействием вредных производственных факторов. Кроме виброакустических, химических, микроклиматических факторов на работников подвижного состава сильное влияние оказывают также факторы трудового процесса (тяжесть и напряжённость труда), а исполнение профессиональных обязанностей в условиях психоэмоционального

напряжения (работа машиниста без помощника, в ночные смены, работа в «окна» и в условиях дефицита времени, в условиях кратковременных «засветок», ослепления) повышает как риск аварий, так и в перспективе болезней, связанных с работой, влияющих в т. ч. на отстранение работника от работы по состоянию здоровья [9-11].

Проведённые исследования показывают, что причинами ошибок машинистов может стать нервно-эмоциональное напряжение, вызванного как условиями труда [7, 8, 12, 13], так и индивидуальными особенностями работника [14]. Установлена взаимосвязь между показателями шкалы сензитивности и ошибок деятельности ($r=0,247$ при $p \leq 0,047$), подтверждающая влияние эмоциональности, впечатлительности работника на число ошибок [14].

Работа локомотивных бригад характеризуется высокой напряжённостью, обусловленной графиком работы (непрерывная поездная работа до 10–12 часов), неравномерностью чередований дневных и ночных смен, количеством воспринимаемой информации [12, 13]. Отмечается, что, по субъективной оценке машинистов наибольшее количество ошибок приходится на смены с ранним началом (80%) и минимальное — в ночные смены (10%) [7], однако достоверно установлено, что на один час работы в ночное время совершается больше ошибок [12], а интенсификация движения в утренние часы способствует росту ошибок в 1,4–1,5 раза [8]. Рост нарушений режима труда и отдыха в 1,64 раза приводит к увеличению числа проездов на запрещающий сигнал в 1,73 раза [8].

Исследования показали, что после шестичасового вождения локомотива двигатель-рефлекторная реакция машинистов удлиняется на 15% от исходного уровня. У машинистов тепловозов это удлинение при подобной езде увеличивается до 23%. При 12-часовых поездках отмечено увеличение латентного периода не менее, чем на 20%, а в отдельных случаях до 70%, что можно рассматривать как развитие утомления [13].

В работе [15] отмечено, что несчастные случаи и ошибки в работе машинистов и помощников машинистов нередко являются следствием транзиторных, эпизодических нарушений состояния здоровья, особенно в психической сфере — синкопальных состояний, утомления, снижения бдительности, отвлечения внимания, забывчивости. Ухудшение функционального состояния не позволяет сохранить устойчивый уровень развития профессионально важных качеств. Также установлено, что переутомление, расстройство режима сна-бодрствования могут стать причинами развития неврозов, фобий, психосоматических расстройств.

Проведённые психологические и физиологические исследования позволили оценить уровень производственной нагрузки машиниста по психологическим показателям как средний, умеренный (уровень САН в динамике рабочей смены снижается с 48 усл. ед. до 43 усл. ед. при увеличении утомления с 1 усл. ед. до 4 усл. ед.), а по физиологическим показателям как очень высокий (ЧСС=89 уд./мин., индекс напряжения 444 усл. ед., электродермальная активность 329 усл. ед.). Полученные результаты позволяют сделать вывод о возрастании уровня функционального напряжения машинистов, сопровождающегося выраженным утомлением при улучшении эргономических показателей [16].

Таким образом, проблема снижения аварийности на железнодорожном транспорте остаётся актуальной в настоящее время, несмотря на массовое внедрение различных информационных систем обеспечения безопасности

движения. Поэтому роль человека-оператора остаётся главной в снижении человеческих и материальных потерь на транспорте [17–20]. Использование результатов оценки функционального состояния имеет высокую прогностическую значимость для выявления группы повышенного риска перенапряжения и повышения уровня безопасности движения поездов (БДП) [21].

Цель исследования — установить роль «человеческого фактора» в возникновении транспортных происшествий на основе анализа результатов предрейсовых медицинских осмотров (ПРМО) и психофизиологического обследования работников локомотивных бригад и оценить эффективность существующей системы мероприятий по обеспечению безопасности движения поездов.

Материалы и методы. Анализ причин и обстоятельств транспортных происшествий (22 аварии) и нарушений (343 510 ошибок) в работе работников локомотивных бригад (РЛБ) на ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») проведён за период 2022–2024 гг. по официальным данным и анализу автоматизированной системы «Доверенная среда» (АС ДС). Дана оценка индивидуального статуса работника с включением или исключением его из группы риска и профилактической группы (ГР/ПГ) по методике АО «ВНИИЖТ» и методике, основанная на распоряжении ОАО «РЖД» № 707/р 9.04.2018¹.

Формирование ГР/ПГ проводили на основании данных из автоматизированной системы учёта и анализа нарушений безопасности движения (АСУТ НБД-2) по количеству и значимости нарушений (1 грубое или 2 повторяющихся или 3 не грубых нарушения в течение месяца), а также по результатам ПРМО и оценки психофизиологических показателей у РЛБ.

Оценка функционального состояния выполнена на основании анализа 542 578 записей человеко-дней (339 890 — основная группа и 202 688 — контрольная группа) из автоматизированной системы предрейсового медицинского осмотра (комплекс КАПД-02-СТ, АСПО), динамического контроля функционального состояния (ДФС), в том числе по индексам, характеризующим состояние нервной системы (SDR, SIT, IN). Далее РЛБ относили в различные группы по функциональному состоянию («норма», «дезадаптация», «срыв адаптации»).

Оценку психофизиологических показателей проводили на УПДК-МК ОА «Нейроком» по показателям: готовность к экстренному действию (ГЭД), скорость переключения внимания (ПВ), помехоустойчивость (ПУ), стрессоустойчивость (СТР).

На основании анализа нарушений «проезды» на запрещающий сигнал светофора (227 случая) проведена оценка эффективности формирования ГР/ПГ для сопоставления фактов — как часто за 90 дней до нарушения, РЛБ включались в ГР/ПГ.

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием тестов Шапиро–Уилка, Левена, Манна–Уитни; проводился регрессионный анализ для вычисления влияния фактора изучения взаимосвязей между категориальными переменными по χ^2 -тест; рассчитывалось отношение шансов (OR), достоверность признаков определяли по уровню значимости p .

¹ Распоряжение ОАО «РЖД» № 707/р от 09.04.2018 «Положению о машинисте-инструкторе локомотивных бригад Дирекции тяги», приложение № 2 «Порядок организации профилактической работы с локомотивными бригадами (формирование групп риска)».

Результаты. По данным официальной статистики последних лет число крупных аварий на железной дороге в РФ осталось на высоком уровне и составило: в 2022 г. — 8, в 2023 г. — 17, в 2024 г. — 8 случаев [22]. В 2023 г. из 17 транспортных происшествий 13 составили крушения и 4 — аварии, при этом 5 из них были связаны со вмешательством посторонних лиц, а также зафиксировано 607 случаев схода и столкновений железнодорожного подвижного состава. Основными причинами происшествий явились: нарушение технологий производства маневровой работы (44%), ремонта подвижного состава (20%), содержания пути (20%), организации поездной работы (5%) [23]. В 2024 г. зафиксировано 8 аварий со сходом вагонов, из них 2 ДТП. Причины остальных крушений были связаны с нарушением температурного режима железнодорожных путей, размывом полотна из-за сильных дождей, а также человеческим фактором (нарушением регламента ремонтных работ, нарушениями обязательных требований Правил технической эксплуатации железных дорог со стороны машиниста, его помощника, фельдшера) [24].

Анализ истинных обстоятельств произошедших аварий в 2022–2024 гг. выявил, что они были связаны с неисправностями пути, подвижного состава, средств сигнализации, централизации и блокировки, а также с ошибками диспетчеров, невнимательностью и халатностью машинистов. Снижение функционального состояния, как одной из вероятных причин аварий, в расследованиях не фигурирует.

Эти причины не анализируются при расследованиях, но значимость их очевидна.

Важной частью исследования стал анализ нарушений (ошибок) деятельности РЛБ, регистрируемых в АСУТ НБД-2 и АС ДС, и установление факторов риска, которые могли стать прямой или косвенной причиной происшествий. Среди всех РЛБ у 62,4% выявлены нарушения, классифицируемые в 83% — как не грубые, в 12,6% — грубые, в 4,4% — не критичные. Несмотря на то, что доля грубых нарушений не велика, 1/3 из них была связана с нарушением регламентов и БДП. При анализе таких грубых нарушений выявляли следующие причины (в порядке встречаемости): отвлечение, невнимательность, недостаток знаний, недостаток опыта (*рис. 1*), что подтверждает высокую значимость человеческого фактора в причинах аварийности на железнодорожном транспорте.

Одним из грубых нарушений РЛБ являются «проезды» на запрещающий сигнал, поэтому контроль и профилактика их повторного возникновения является важнейшим элементом системы БДП. При анализе выявленных нарушений (ошибок) в работе установлено, что в структуре всех нарушений «проезды» регистрировались в 2% случаев. Среди других причин, которые могли бы привести к «проезду», относящихся к разряду грубых причин, можно выделить: нарушения в обслуживании тормозной системы, неправильная эксплуатация тормозной системы, применение экстренного торможения и автоторможение,

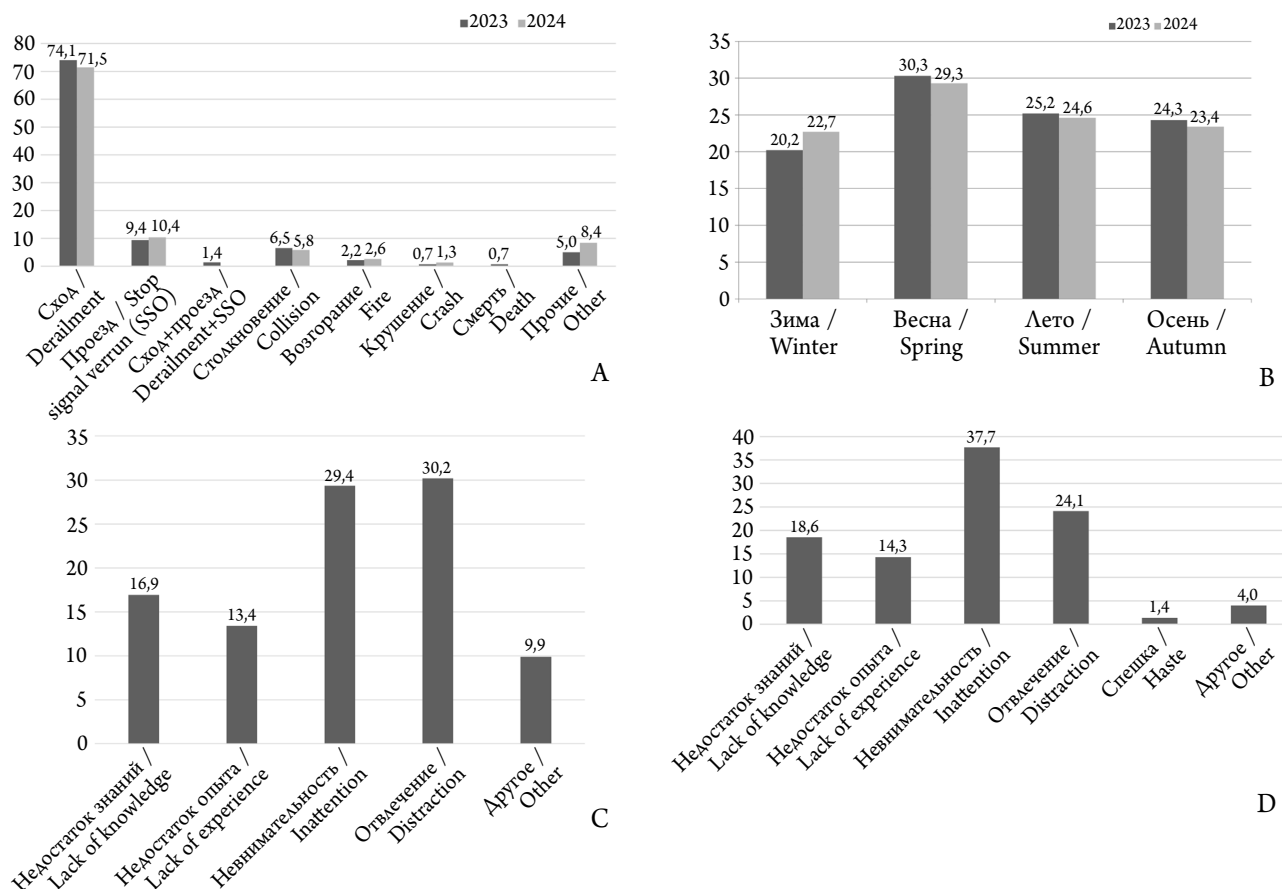


Рис. 1. Доля происшествий на железнодорожном транспорте в период 2022–2023 гг. (%): А) по причинам возникновения; В) по сезонам года; С) грубые нарушения; Д) не грубые нарушения
Fig. 1. The share of accidents in rail transport in the period 2022–2023 (%): A) by causes of occurrence; B) by seasons of the year; C) gross violations; D) non-gross violations

превышение скорости, которые составили 21% от всех нарушений.

По данным АС ДС за период 2023–2024 гг. РЛБ было допущено 227 «проездов» светофоров на запрещающий сигнал. Установлено, что основными причинами проездов являются:

- невнимательность, невыполнение регламента переговоров — 157 случаев (68,6%), из них невыполнение регламента переговоров между машинистом и диспетчером по станции (ДСП) — 28 случаев (12,2%);
- приведение локомотива в движение без команды руководителя работ — 22 случая (9,6%);
- нерасчётливое управление тормозами — 13 случаев (5,7%);
- незнание регламента использования технических средств на станции (ТРА) — 11 случаев (4,8%).

Визуализация всех причин за период 2021–2023 гг. представлена на диаграмме Парето (рис. 2). Диаграмма отражает частоту встречаемости причин проезда запрещающих сигналов светофора по уменьшению её числовых значений. Самые высокие показатели располагаются на диаграмме слева и уменьшаются к правому краю.

Основными приоритетными факторами риска совершения «проездов» РЛБ являются первые три: невнимательность, действия без команды, нерасчётливость при торможении. Кроме перечисленных, увеличивает роль человеческого фактора также ошибочное восприятие сигнала с соседнего пути и перекрытие комбинированного крана (невысокий уровень ПВК), соответственно — 6 случаев и 2 случая; распитие спиртных напитков на рабочем месте (грубые нарушения ТБ) — 8 случаев; нарушение здоровья и психофизиологического состояния — 1 случай, которые также должны быть включены при формировании ГР/ПГ.

Ошибки возникают не только в случае несоответствия профессионально важных качеств работника поручаемой ему работе, но и в случае снижения уровня его функционального состояния. В исследовании установлена связь между функциональным состоянием РЛБ и совершением

«проездов» на запрещающий светофор. Связь функционального состояния и ошибок деятельности РЛБ проводили между 2 группами: основной — работники, который имели нарушение «проезда» и контрольной — лица, не имевшие нарушений по данным АСУТ НБД-2.

Среди РЛБ наиболее часто нарушения в работе выявлены у машинистов, реже у помощников машиниста и ещё реже у стажёров. Установлены статистически значимые различия между профессиональными группами и вероятностью нарушений по расчёту отношения шансов: $OR_{m-c}=3,04 [2,65;3,49]$; $OR_{r-c}=1,92 [1,67;2,28]$; $OR_{s-r}=1,58 [1,57;1,63]$; $p<0,001$. Данные могут свидетельствовать о большей функциональности и ответственности машинистов, в том числе за принятие окончательных решений по управлению поездом. Именно поэтому в дальнейшем анализ проводили для группы машинистов.

Средний возраст РЛБ, совершивших нарушения, составил 40 [36;45] лет, лиц без нарушений — 37 [35;44] лет, $p=0,06$. Вероятность нарушений (доля) в младших (20–29 лет) и старших (более 70 лет) группах была значительно ниже (0,48 и 0,4 соответственно), чем в средних (30–69 лет), наиболее трудоспособных и опытных группах работников (0,85), $p<0,001$. Рассчитан коэффициент регрессии, равный 0,04, означающий, что каждый год увеличивает вероятность нарушения в 1,04 раза.

Критериями включения в группу риска РЛБ в рамках ПРМО являлось увеличение параметров ЧСС и АД и значений индексов регуляции (IN, SDR, SIT) от значений референтных уровней. Анализ показал, что в 33% у РЛБ имелись отклонения в показателях. На основании интегральной оценки функционального состояния все работники распределены по 3-м группам: «норма» — 66%, «дезадаптация» — 27,9%, «срыв адаптации» — 6,1%. Связь функционального состояния и нарушений в деятельности представлена в таблице 1.

Таким образом, ухудшение функционального состояния увеличивает риски нарушений и вероятность возникновения аварийных ситуаций. Это объясняет необходимость отнесения работника в ГР/ПГ по результатам выявления дезадаптации и срыва адаптации в рамках ПРМО.

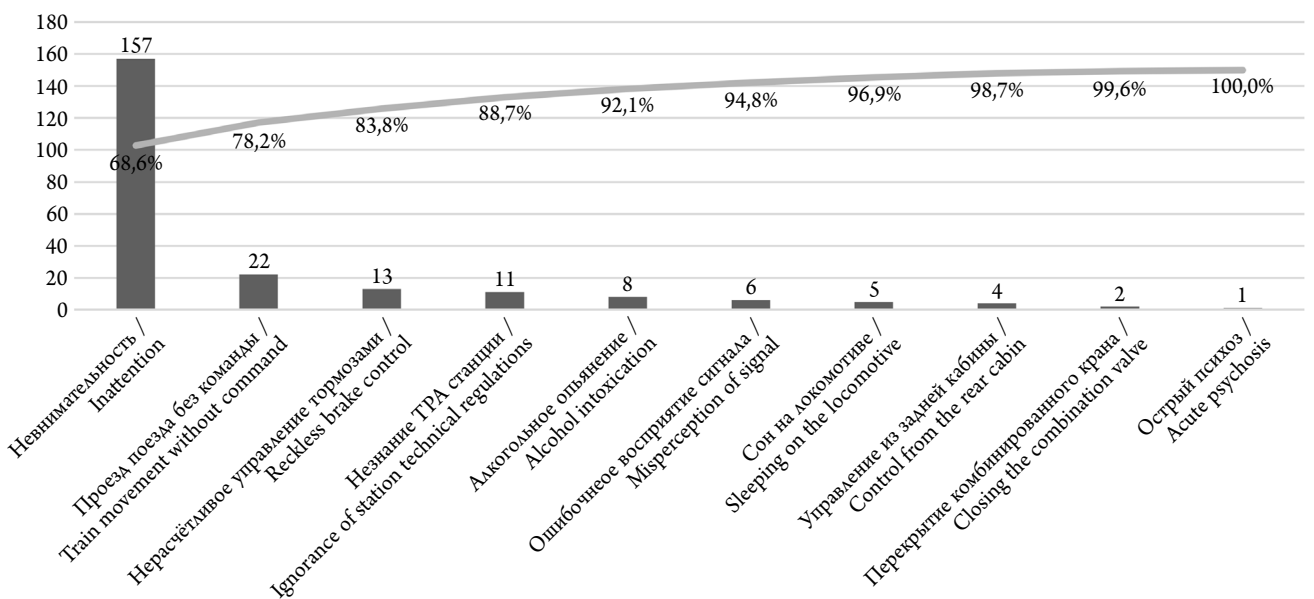


Рис. 2. Приоритетные факторы риска, ранжированные по степени значимости совершения работниками локомотивных бригад «проездов» (диаграмма Парето)

Fig. 2. Priority risk factors ranked by significance of locomotive crew members with SSO (Pareto diagram)

Риск возникновения «проезда» в зависимости от функционального состояния
Risk of SSO depending on the functional state

Функциональное состояние / Functional state	Есть нарушение (абс.) / Violation (abs.)	Нет нарушений (абс.) / No violations (abs.)	Вероятность нарушений (доля) / Probability of violations (proportion)	Отношение шансов / OR	<i>p</i>
Норма (1) / Norm (1)	224 405	135 987	0,51	OR _{2,1} =1,04 [1,03–1,05]	<0,001
Деадаптация (2) / Maladaptation (2)	95 128	55 450	0,83	OR _{3,2} =1,05 [1,03–1,08]	<0,001
Срыв адаптации (3) / Adaptation failure (3)	20 357	11 251	0,91	OR _{3,1} =1,10 [1,07–1,12]	<0,001

Оценка психофизиологических показателей проведена в 2-х группах («случай–контроль»): лица, имевшие грубые нарушения «проезда» и не имевшие нарушения. Пара «случай–контроль» была из одного региона, работала в одно и тоже время, была стандартизирована по возрасту. Результаты свидетельствуют о незначительных колебаниях показателей; значимых различий между группами выявлено не было (**табл. 2**).

Представляются интересными результаты анализа связи «проездов» на запрещающий сигнал светофора с количеством дней переработок в течение года. Лица, совершавшие «проезд», имели в среднем 49,50 [7,74–99,23] часов переработок, в то время как не имевшие такого нарушения — 32,50 [0,00–67,58] часов, $p < 0,001$, что делает этот показатель сильным фактором риска возникновения аварийных ситуаций (**табл. 2**).

Для анализа эффективности методики формирования ГР/ПГ проведено сопоставление фактов: как часто за 90 дней до нарушения машинисты включались в ГР/ПГ. Очевидно, что если машинист включается в эти группы и

с ним проводится профилактическая работа, то вероятность нарушения будет минимальной.

Результаты включения РЛБ, в том числе из дирекции тяги (ЦТ), в ГР/ПГ представлены в **табл. 3**.

Установлено, что в АС ДС 196 из 227 машинистов хотя бы 1 раз попали в ГР/ПГ, а большинство из них по несколько раз за 3 месяца. Результаты анализа АС ДС по методике АО «ВНИИЖТ» раскрывают частоту нарушений в данной группе РЛБ:

- 87% нарушений допускают 39% РЛБ, которые 2 и более в течение 3-х месяцев до нарушения включались в различные ГР/ПГ;
- 68% нарушений допускает 11% РЛБ, которые 3 раза и более в течение 3-х месяцев до нарушения включались в ГР/ПГ;
- 49% нарушений допускает 1,7% РЛБ, которые 4 раза и более были включены в ГР/ПГ.

Из данной группы РЛБ 28 имели грубые (и/или однопотипные, и/или 3 и более за месяц) нарушения из АСУ НБД-2. Они должны были быть за 3 месяца до случая

Результаты психофизиологического обследования РЛБ
Results of psychophysiological examination of locomotive crew workers

Показатели / Parameters	РЛБ с «проездами» (абс. 227) / Locomotive crew members with SSO (abs. 227)	РЛБ без «проездов» (абс. 227) / Locomotive crew members without SSO (abs. 227)	<i>p</i>
Возраст, лет / Age, years	36,00 [30,00–44,00]	36,00 [30,00–44,00]	0,9349
Переработки за год, час / Overtime per year, hours	49,50 [7,74–99,23]	32,50 [0,00–67,58]	0,0006
ГЭД (время реакции, сек.) / Emergency preparedness (reaction time, sec.)	0,14 [0,09–0,20]	0,14 [0,09–0,19]	0,5534
ГЭД (количество ошибок) / Emergency preparedness (number of errors)	0,00 [0,00–0,00]	0,00 [0,00–0,00]	0,6743
ПВ (время 1 и 2 задания, сек.) / The speed of attentional shift (time of 1 and 2 tasks, sec.)	84,00 [62,50–109,50]	86,00 [66,00–107,00]	0,6071
ПУ (разность 4 и 3 задания, сек.) / Noise immunity (difference between tasks 4 and 3, sec.)	0,00 [–17,00–17,00]	–4,00 [–16,25–12,00]	0,3484
СТР (время реакции, сек.) / Stress resistance (reaction time, sec.)	0,06 [0,02–0,13]	0,06 [0,02–0,13]	0,7113
СТР (время 3 задания, сек.) / Stress resistance (time of 3 tasks, sec.)	0,41 [0,37–0,50]	0,42 [0,37–0,48]	0,7619
СТР (время 4 задания, сек.) / Stress resistance (time of task 4, sec.)	0,34 [0,30–0,39]	0,34 [0,30–0,37]	0,2927
СТР (разность $N_{\text{ош}4} - N_{\text{ош}3}$) / Stress resistance ($N_{\text{errors}4} - N_{\text{errors}3}$ difference)	0,00 [0,00–1,00]	0,00 [0,00–1,00]	0,1816

Статистика включения в ГР/ПГ РЛБ, допустивших «проезд» и другие грубые нарушения БДП за последние 3 года**Statistics of inclusion in the RG/PG of locomotive crew members with SSO and other serious violations of train safety over the past 3 years**

Количество включений в ГР/ПГ / Number of inclusions in a RG/PG	Количество РЛБ / Number of locomotive crew workers	% от всех РЛБ ЦТ / % of all locomotive crew workers of the traction directorate	% от всех нарушений / % of all violations	Количество от всех нарушений / Number of all violations	Частота нарушений на 100 РЛБ* / Frequency of violations per 100 locomotive crew workers
0	31 180	47	4	10	1
1	20 545	31	8	18	3
2	10 852	16	19	43	14
3	3009	5	19	43	52
4	465	0,7	11	26	198
5 и более / 5 or more	57	0,08	38	87	5403

Примечания: * — частота нарушений = количество нарушений / количество машинистов, включённых в ГР/ПГ · 4000.
Notes: * — frequency of violations = number of violations / number of drivers included in the risk group / prevention group · 4000.

включены в ГР/ПГ, однако фактически включён был только 1 из них (крушение на Ю-УР). Невключение этих лиц связано с тем, что после автоматического формирования ГР/ПГ в АС ДС окончательное решение о включении машиниста в ГР принимает штатный машиниста-инструктора. Это доказывает необходимость более строгого включения лиц в ГР/ПГ даже при незначительных нарушениях и снижении функционального состояния РЛБ.

Расследованием аналогичных аварий установлено, что накануне происшествия РЛБ выходили в рейс, имея грубые нарушения режима труда и отдыха (внеурочные работы, интенсивный график работы, недостаточный отдых между рейсами), что привело к резкому снижению работоспособности и потере бдительности. Обобщение личностной информации по происшествиям выявило, что 82,4% РЛБ, совершивших транспортное происшествие имели значительную переработку за 12 месяцев, предшествующих событию, 3 состояли в ГР/ПГ, 1 проходил АСПО (специальный тренинг), ещё 1 приступил к работе после временной нетрудоспособности. Также установлено, что не всем РЛБ было предложено расширенное психофизиологическое обследование, а 4 на него не явились. Результаты такого обследования показывают, что у 50% прошедших обследование РЛБ функциональное состояние (ФС) в норме, у 25% ФС снижено.

Обобщая результаты исследований, следует констатировать необходимость повышения качества организации и проведения профилактической работы командно-инструкторским составом депо, и, в первую очередь, ориентироваться на работу с тем составом РЛБ, которые попали в любую из ГР/ПГ по данным ДКФС (по данным АРМ Психолога), ПРМО в системе АСПО (срывы адаптации/симптомы дезадаптации), по данным прогностической модели ВНИИЖТ, системы сбора замечаний машинистов и контроля принимаемых мер по устранению замечаний службами железной дороги (АСУ ЗМ).

Обсуждение. Проведённый анализ причин и обстоятельств аварий и нарушений (ошибок) в работе РЛБ свидетельствует о высокой значимости человеческого фактора как одного из основных, но устранимых факторов риска возникновения инцидентов.

Среди наиболее крупных аварий, произошедших в период 2022–2024 гг., основной причиной являлся «сход» — 72%, далее следовали «проезд», доля которого более, чем в 7 раз меньше (10,4%), чем причины «сход» и «столкновения» (5,8%). При этом выявлена тенденция к увеличению аварий в весенний период, как результат ухудшения состояния дорог, сопровождающегося разливом водных объектов, особенно в восточных областях, а также, возможно, с весенним ослаблением самочувствия человека после зимнего периода. Из всех причин проис

шествий о роли человеческого фактора с определённой уверенностью можно говорить только в составе причины «проезд», поскольку в составе прочих причин, помимо роли РЛБ, значение могут иметь действия диспетчера, ремонтных рабочих, технические неполадки, погодные условия и т. д. Однако при расследовании случаев проезда светофора, выявлялись такие причины, как неисправность тормозов, плохие погодные условия и др. причины. Поэтому важным этапом исследования стало уточнение структуры нарушений (ошибок) деятельности РЛБ, увеличивающих роль человеческого фактора и снижающих БДП.

Установлено, что 62,4% РЛБ постоянно совершают какие-либо нарушения, при этом у них выявляются как грубые (12,6%), так и не грубые (83%) ошибки, связанные с нарушением регламентов и БДП. Расследование 227 грубых нарушений показало, что в подавляющем большинстве случаев проезда запрещающих сигналов, сходы, пожары и другие нарушения безопасности допускают РЛБ безответственные, недисциплинированные, и/или имеющие признаки дезадаптации и срыва адаптации по данным ПРМО и ПФО.

Основная доля проездов светофоров на запрещающий сигнал допущена под управлением локомотивными бригадами в «два лица» — 76% от общего количества нарушений. В режиме управления «в одно лицо» допущено нарушений значительно меньше — 24%, что может быть связано с большей бдительностью РЛБ, когда он один управляет поездом и несёт большую ответственность, что важно для стратегии развития железнодорожной отрасли, связанной с тенденциями уменьшения количества машинистов в локомотиве.

При нарушении функционального состояния по данным ПРМО выявлена связь с возникновением нарушений и происшествий на большой группе РЛБ. Установлено, что чаще снижение функционального состояния и возникновение нарушений регистрировалось у машинистов, затем у помощников и меньше всего у стажёров. При этом у РЛБ тем чаще регистрировались нарушения, чем хуже было функциональное состояние (дезадаптация → срыв адаптации), в том числе по индексам SDR и SIT. В исследовании установлено, что переработки снижают функциональное состояние и увеличивают риск нарушений. У лиц, имеющих нарушения, выявлено в 1,5 раза больше дней переработки, что диктует необходимость включения этого фактора в систему контроля и управления рисками БДП.

По данным оценки психофизиологических обследований не обнаружено достоверных связей между лицами, совершивших нарушения и без нарушений. Однако выявлена тенденция ($p=0,12$) снижения скорости переключения внимания (ПВ) и помехоустойчивости (ПУ) у РЛБ, совершивших нарушения. Это может быть связано как с натренированностью работников, часто выполняющих одни и те же тесты, так и с недостаточной чувствительностью тестов для данной категории работников.

Анализ оценки эффективности системы формирования ГР/ПГ показал, что она позволяет выявлять лиц, совершающих частые ошибки, имеющих нарушения функционального состояния и снижение психофизиологических показателей, однако дальнейшее управление этими рисками требует проведения системных мероприятий на железнодорожном транспорте:

- повысить низкую активность в системе АСУ ЗМ;
- проводить системные профилактические мероприятия по предотвращению снижения функционального состояния по результатам ПРМО «осмотр не завершён», «повтор», «срыв адаптации», «симптомы дезадаптации» (неподготовленность к поездке), а если таких случаев более 50%, то РЛБ должен включаться в ГР/ПГ для проведения ПФО и прохождения дополнительных коррекционных мероприятий;
- ввести обязательным прохождением ПРМО в АСПО, ограничить запись в журнале осмотра, без терминалов АСПО;
- провести работу по контролю непосещения РЛБ психолога 1 раз в квартал для проведения ДКФС (снизить недисциплинированность машиниста или наличие причин, когда у него может быть определено

снижение функционального состояния для назначения коррекционных мероприятий);

- предотвратить непосещение психолога по направлению начальника депо для проведения ПФО после допущенного грубого нарушения безопасности или повторных однотипных нарушений в течение месяца.

Все вышеуказанные мероприятия должны снизить индивидуальные отклонения и способствовать формированию «идеального» (ответственного, дисциплинированного, подготовленного к поездке) машиниста как за счёт их личного участия, так и за счёт повышения качества организации и проведения профилактической работы командно-инструкторским составом депо, и, в первую очередь, руководителями депо.

Заключение. Своевременное планирование и соблюдение регламента проведения мероприятий по минимизации профессиональных рисков и связанных транспортных происшествий является важной частью системы сохранения работоспособности, повышения профессиональной надёжности и стабилизации кадрового состава РЛБ ОАО «РЖД».

На основе анализа информационных источников, аналитических результатов, полученных данных обследований и динамического мониторинга работников РЛБ определены тенденции в области обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте:

- количество нарушений безопасности движения у работников локомотивных бригад сохраняется на достаточно высоком уровне;
- основные причины нарушений обусловлены ошибками работников локомотивных бригад, в первую очередь машинистами;
- применяемые превентивные мероприятия в обеспечении психологических, функциональных и профессиональных качеств работников локомотивных бригад оказываются недостаточно эффективными, что требует совершенствования системы медико-профилактического сопровождения.

В системе обеспечения профессиональной деятельности работников локомотивных бригад следует интенсивно развивать направления раннего выявления лиц со сниженным функциональным состоянием. Интенсификация работы машинистов и помощников машинистов, переход на перспективные виды перевозок («в одно лицо», высокоскоростное движение, двоянный состав высокоскоростного поезда «Сапан») требует разработки принципиально новых подходов к проведению профилактических и восстановительных мероприятий для работников локомотивных бригад.

Список литературы

1. Официальный сайт РЖД. <https://company.rzd.ru/ru/9377>
2. International Railway Safety Council. <https://clck.ru/3MmkE9>
3. Шматченко В.В., Меремсон Ю.Я., Иванов В.Г. Специфика безопасности движения на железнодорожных переездах. *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2022. 19(1): 143–154. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2022-19-1-143-154> <https://elibrary.ru/zjqoxh>
4. Отчёт МСЖД 2024: статистика происшествий на железных дорогах. <https://clck.ru/3MmkDV>
5. Weber J., Müller A., Stiller M., Borchart D. Prognostic effects of selection, optimization and compensation strategies on work ability: results from the representative lidA cohort study on work, age, and health in Germany. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2018; 91(8): 1061–1071. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1348-x>
6. Отчёт МСЖД 2023: статистика происшествий на железных дорогах. <https://clck.ru/3MmkGN>
7. Бобко Н.А. Профессиональная надёжность машиниста локомотива в условиях сменного труда: влияние биологических и социальных факторов (обзор литературы). *Довкілля та здоров'я*. 2016; 2(78): 70–76. <https://elibrary.ru/wbfgfv>
8. Козубенко В.Г., Костецкий В.Э. Роль контроля психофизиологического состояния машиниста локомотива в обеспечении безопасности движения. *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2000; 3: 129–132. <https://elibrary.ru/jwinst>
9. Фагамова А.З., Капцов В.А., Каримова Л.К., Шаповал И.В., Мулдашева Н.А. Стресс на рабочем месте: основные причины и меры профилактики (обзор литературы). *Гиги-*

- ена и санитария. 2022; 101(9): 1065–1071. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1065-1071> <https://elibrary.ru/xaaxhf>
10. Бодров В.А. *Психология профессиональной пригодности: учебное пособие для ВУЗов*. М.: ПЕР СЭ; 2001.
 11. Гимаева З.Ф., Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Капцов В.А., Калимуллина Д.Х. Риски развития сердечно-сосудистых заболеваний и профессиональный стресс. *Анализ риска здоровью*. 2017; 1: 106–115. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.12> <https://elibrary.ru/yhphlz>
 12. Стручалин В.Г., Нарусова Е.Ю., Навценя В.Ю. Охрана труда членов локомотивных бригад с учетом возрастания напряженности труда. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2020; 9(51(3)): 179–183. <https://doi.org/10.46548/21vek-2020-0952-0034> <https://elibrary.ru/edycuk>
 13. Рахимбоев Х.Д., Абдикаримова У.Р., Курбанова Ш.И. Оценка тяжести и напряженности труда машинистов локомотива железнодорожного транспорта. *Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы: сборник статей VII Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 10 июня 2018 года. Том Часть 1*. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.); 2018: 310–312. <https://elibrary.ru/xpwulr>
 14. Гуляева Г.В. О некоторых аспектах надежности профессиональной деятельности работников железнодорожного транспорта. *Молодёжная наука: тенденции развития*. 2022; 1: 25–33. <https://elibrary.ru/ecktto>
 15. Чернов О.Э., Алексеев С.А., Колягин В.Я. Медико-психологическое обеспечение безопасности профессиональной деятельности работников локомотивных бригад. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (7): 3–8. <https://elibrary.ru/zcpymv>
 16. Вильк М.Ф., Латынин Е.О., Сачкова О.С. Анализ показателей функционального состояния и работоспособности локомотивных бригад скоростного и высокоскоростного движения при использовании систем автоматизированного ведения. *Проблемы безопасности российского общества*. 2023; 44(4): 21–28. <https://elibrary.ru/upqxyk>
 17. Зенкевич А.Г. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте. *Проблемы безопасности на транспорте: в сборнике материалов X Международной научно-практической конференции*. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Белорусская железная дорога, Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта". 2020: 23–24. <https://elibrary.ru/gupwac>
 18. Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Суслов В.Л. Влияние усталости и переутомления на общую заболеваемость работников. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 8: 494–500. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-494-500> <https://elibrary.ru/aibvvn>
 19. Демчева Н.К., Чуркин А.А. Выявление групп риска по формированию психических расстройств, связанных с напряжённостью трудового процесса. *Психическое здоровье*. 2012; 79(12): 90–98. <https://elibrary.ru/tilzab>
 20. Лебедев М.А., Палатов С.Ю., Ковров Г.В. Усталость и её проявление. *РМЖ «Медицинское обозрение»*. 2014; 22(4): 282–286. <https://clck.ru/3MmmVC>
 21. Глухов Д.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Форверц А.Ю., Костенко Н.А. Физиологическая оценка функционального состояния работников нервно-эмоционального труда различного возраста по результатам предсменного контроля. *Медицина труда и промышленная экология*. 2024; 64(6): 378–386. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-378-386> <https://elibrary.ru/vjpooz>
 22. Государственный доклад МЧС России «О состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2023 году».: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
 23. Белоф П. Количество транспортных происшествий на путях общего пользования в 2023 году осталось на уровне предыдущего года. *Информационный портал «РЖД Партнёр.ру»*. 2024; 22 февраля. <https://clck.ru/3Mmk06>
 24. Официальный сайт Ространснадзор. <https://clck.ru/3MmkqB>

References

1. Official website of Russian Railways. <https://company.rzd.ru/ru/9377>
2. International Railway Safety Council. <https://clck.ru/3MmkE9>
3. Shmatchenko V.V., Meremson Yu.Ya., Ivanov V.G. Specifics of traffic safety at railway crossings. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya*. 2022. 19(1): 143–154. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2022-19-1-143-154> <https://elibrary.ru/zjqoxx>
4. UIC Report 2024: Statistics of railway accidents. <https://clck.ru/3MmkDv>
5. Weber J., Müller A., Stiller M., Borchart D. Prognostic effects of selection, optimization and compensation strategies on work ability: results from the representative lidA cohort study on work, age, and health in Germany. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2018; 91(8): 1061–1071. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1348-x>
6. UIC Report 2023: Statistics of railway accidents. <https://clck.ru/3MmkGN>
7. Bobko N.A. Professional reability of locomotive driver under shiftwork: effect of biological and social factors. *Environment & health*. 2016; 2(78): 70–76 (in Russian).
8. Kozubenko V.G., Kostetsky V.E. The role of monitoring the psychophysiological state of a locomotive driver in ensuring traffic safety. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya*. 2000; 3: 129–132 <https://elibrary.ru/jwinst> (in Russian).
9. Fagamova A.Z., Kaprtsov V.A., Karimova L.K., Shapoval I.V., Muldasheva N.A. Workplace stress: the main causes and preventive measures (literature review). *Gigiena i Sanitariya*. 2022; 101(9): 1065–1071. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1065-1071> <https://elibrary.ru/xaaxhf> (in Russian).
10. Bodrov V.A. *Psychology of professional suitability: a textbook for universities*. Moscow: PER SE; 2001. (in Russian).
11. Gimaeva Z.F., Karimova L.K., Bakirov A.B., Kaprtsov V.A., Kalimullina D.Kh. Risks of cardiovascular diseases involvement and occupational stress. *Health Risk Analysis*. 2017; 1: 106–115. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.12> <https://elibrary.ru/yhphlz>
12. Struchalin V.G., Narusova E.Y., Navcenya V.Y. Labor protection of members of locomotive crews, taking into account the increasing labor intensity. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashhego plyus*. 2020; 9(51(3)): 179–183. <https://doi.org/10.46548/21vek-2020-0952-0034> <https://elibrary.ru/edycuk> (in Russian).
13. Rakhimboyev H.D., Abdikarimova U.R., Kurbanova Sh.I. Assessment of gravity and tension of work of drivers of the engine of railroad transport. *Innovative development of modern science: problems, patterns, prospects: collection of articles from the VII International scientific and practical conference*. Penza, June 10, 2018: 310–312 <https://elibrary.ru/xpwulr> (in Russian).
14. Gulyaeva G.V. About some aspects of reliability of professional activity of railway transport workers. *Molodezhnaya nauka: tendentsii razvitiya*. 2022; 1: 25–33. <https://elibrary.ru/ecktto> (in Russian).
15. Tchernov O.E., Alexeyev S.A., Kolyagin V.Ya. Medical and psychologic background for safety of occupational activity of locomotive crew members. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2017; (7): 3–8 <https://elibrary.ru/zcpymv> (in Russian).
16. Vilk M.F., Latynin E.O., Sachkova O.S. Analysis of indicators of functional state and performance of locomotive breads of fast ang high-speed traffic when using automated guidance systems.

- Problemy bezopasnosti rossiyskogo obshchestva*. 2023; 4(44): 21–28 <https://elibrary.ru/upqxky> (in Russian).
17. Zenkevich A.G. The role of the human factor in ensuring safety in railway transport. *Problems of safety in transport: in the collection of materials of the X International scientific and practical conference*. Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus, Belarusian Railway, Educational Institution "Belarusian State University of Transport". 2020: 23–24 <https://elibrary.ru/gupwac> (in Russian).
 18. Sorokin G.A., Chistyakov N.D., Suslov V.L. Influence of fatigue and overwork on the General morbidity of workers. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2019; (8): 494–500. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-494-500> <https://elibrary.ru/aibyvn> (in Russian).
 19. Demcheva N.K., Churkin A.A. Identification of risk groups for the development of mental disorders associated with the stress of the work process. *Psikhicheskoye zdorov'ye*. 2012; 79(12): 90–98 (in Russian).
 20. Lebedev M.A., Palatov S.Yu., Kovrov G.V. Fatigue and its manifestations. *RMZH «Meditsinskoe obozrenie»*. 2014; 22(4): 282–286 <https://clck.ru/3MmmVC> (in Russian).
 21. Glukhov D.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Forwerts A.Yu., Kostenko N.A. Physiological assessment of the functional state of workers in neuro-emotional labor of different ages according to the results pre-shift control. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2024; 64(6): 378–386. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-378-386> <https://elibrary.ru/vjpooz> (in Russian).
 22. State report of the Ministry of Emergency Situations of Russia "On the state of protection of the population and territory of the Russian Federation from emergency situations of natural and man-made nature in 2023". <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>. (in Russian).
 23. Belov P. The number of transport accidents on public railways in 2023 remained at the level of the previous year. Information portal of Russian Railways Partner.ru. 2024. February 22. <https://clck.ru/3Mmko6> (in Russian).
 24. Official website of Rostransnadzor. <https://clck.ru/3MmkqB> (in Russian).

Сведения об авторах:

- Костенко Наталья Алексеевна* ст. науч. сотрудник отдела по изучению гигиенических проблем в медицине труда группы виброакустических факторов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», начальник Управления медицинской деятельности Центральной дирекции здравоохранения филиала ОАО «РЖД», канд. мед. наук.
E-mail: natakoste@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6290-6586>
- Зибарев Евгений Владимирович* заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», д-р мед. наук.
E-mail: zibarev@iriioh.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5983-3547>
- Борисова Елена Владимировна* профессор кафедры высшей математики, ФБГОУ ВО «Тверской государственный технический университет», канд. тех. наук, д-р пед. наук, профессор.
E-mail: elenborisov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1476-7301>
- Мажкенов Серик Абзалович* ведущий научный сотрудник Центра исследований охраны труда ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт труда» Минтруда России, канд. физ.-мат. наук.
E-mail: samazhkenov@vcot.info
<https://orcid.org/0000-0003-4658-5502>

About the authors:

- Natalia A. Kostenko* Senior Researcher, Department for the Study of Hygienic Problems in Occupational Medicine, Vibroacoustic Factors Group, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Head of the Department of Medical Activities of the Central Directorate of Health Care, the branch of JSC "Russian Railways", Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: natakoste@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6290-6586>
- Evgeny V. Zibarev* Deputy Director for Scientific Work, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Dr. of Sci. (Med.).
E-mail: zibarev@iriioh.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5983-3547>
- Elena V. Borisova* Professor of the Department of Higher Mathematics, Tver State Technical University, Cand. of Sci. (Tech.), Dr. of Sci. (Ped.), Professor.
E-mail: elenborisov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1476-7301>
- Serik A. Mazhkenov* Leading Researcher, Labor Protection Research Center, Cand. Sci. (Phys. & Math.), All-Russian Research Institute of Labor.
E-mail: samazhkenov@vcot.info
<https://orcid.org/0000-0003-4658-5502>